酿酒酵母培养物对817肉仔鸡生长性能、养分表观利用率及肠道菌群的影响

丁小娟[1] 张晓图[1] 王世琼[1] 陈冠华[1] 李 晓[1] 王逢久[2] 梁振贤[2] 王志祥[1*]

（1.河南农业大学牧医工程学院，郑州 450002；2.河南邑鸿善成生物技术有限公司，武陟 454950）

摘 要：本试验旨在探讨酿酒酵母培养物(*Saccharomyces cerevisiae* culture,SC)对817肉仔鸡生长性能、养分表观利用率及肠道菌群的影响。试验选取1日龄体重相近的817肉仔鸡600只，随机分为5组，每组6个重复，每个重复20只。对照组饲喂基础饲粮，抗生素组在基础饲粮中添加20 mg/kg硫酸黏杆菌素+2.6 mg/kg黄霉素，试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组分别在基础饲粮中添加2 500、5 000、7 500 mg/kg SC，试验期为60 d。结果显示：1) 1～21日龄，试验Ⅱ、Ⅲ组的平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）均显著高于对照组（P<0.05），与抗生素组无显著差异（P>0.05）；在22～60日龄和1～60日龄2个阶段，试验Ⅱ组的ADG显著高于对照组（P<0.05），ADFI显著高于抗生素组（P<0.05）；22～60日龄，3个试验组的料重比和死亡率较对照组差异均不显著（P>0.05），但在1～60日龄有下降趋势（0.05≤P<0.10）。2) 试验Ⅱ、Ⅲ组较对照组显著提高了总磷的表观利用率（P<0.05）;各组粗蛋白质、钙的表观利用率无显著差异（P>0.05）。3) 与对照组相比，试验Ⅰ组盲肠中大肠杆菌的数量显著降低（P<0.05），与抗生素组无显著差异（P>0.05）；试验Ⅱ组盲肠中乳酸菌数量和试验Ⅲ组空肠中双歧杆菌数量均显著高于对照组和抗生素组（P<0.05）。由此可见，饲粮中添加适宜水平的SC能增加817肉仔鸡ADFI和ADG，改善料重比，增强对饲粮中总磷的利用率，促进乳酸菌、双歧杆菌的增殖，抑制大肠杆菌的增殖；当SC添加水平为5 000 mg/kg时，对动物的促生长效果最佳，优于抗生素。

关键词：酿酒酵母培养物；生长性能；养分表观利用率；菌群；817肉仔鸡

中图分类号：S816.7

收稿日期：2016-01-01

作者简介：丁小娟（1989—），女，回族，河南中牟人，硕士研究生，从事家禽营养学与饲料研究。E-mail: 1530410705@qq.com

*通信作者：王志祥，教授，博士生导师，E-mail: wzxhau@aliyun.com

近年来，由于抗生素的不合理使用，导致动物致畸致癌、畜产品药物残留、环境污染等问题层出不穷,食品安全和人类健康已受到了严重威胁;尤其是2009年新食品安全法实施后,人们更加注重餐桌安全,在保持动物健康和提高生产性能中起重要作用的饲用抗生素的使用受到了更加严格地控制，而这使得畜禽面临更多的肠道性疾病[1]、代谢性疾病、病毒感染等危机。因此,寻求绿色安全的抗生素替代品以保证畜禽健康生产刻不容缓。大量学者研究表明，益生菌、益生元、微生态制剂、有机酸、植物提取物、酵母培养物等饲料添加剂能有效减少或替代饲用抗生素的使用[2-5]。酿酒酵母培养物(*Saccharomyces cerevisiae* culture,SC)是酿酒酵母细胞在特定发酵工艺条件程序下产生的富含酵母细胞及其活性成分、营养性代谢产物、特定营养培养基、一些增味物质和未知营养因子的一种酵母发酵产品[6]。研究表明，酵母培养物具有提高牛、羊、猪、爱拔益加（AA）肉仔鸡等动物生产性能，改善饲粮转化效率，调节肠道微生物区系，增强机体免疫机能等功能[7-11]；同时，也有助于提高蛋鸡免疫器官指数及血清新城疫抗体滴度，改善蛋品质[12-13]；但在地方小型肉杂鸡上的应用研究相对较少。817杂交肉鸡是具有地方特色的小型肉用鸡品种，为快大型白羽肉鸡和商品代褐壳蛋鸡杂交鸡，因其饲养周期相对较长，肉质口感好，符合中国人的饮食口味，现已成为山东、河南等地生产扒鸡、烧鸡的主要肉鸡品种。本试验以具有地方特色的小型肉用鸡品种817肉仔鸡为试验对象，设计不同水平的SC添加水平并与抗生素作对比，研究其对817肉仔鸡生长性能、养分表观利用率及肠道菌群的影响，以寻求最适宜的添加水平，为SC进一步的生产应用提供理论支撑。

1　材料与方法

1.1　试验材料

SC 由河南邑鸿善成生物科技有限公司提供，主要营养成分含量：粗蛋白质 25.6%、小肽 0.59%、总氨基酸 23.97%、甘露聚糖 1.78%、总酸 81.64 g/kg，蛋白酶活力为 27 000 U/kg。

1.2　试验动物与试验设计

本试验选用 600 只健康的 1 日龄 817 肉仔鸡，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 20 只鸡，各组初始体重差异不显著（P>0.05）。对照组饲喂基础饲粮，其为参照 NRC（1994）营养需要配制的粉状配合饲料，基础饲粮组成及营养水平见表 1；抗生素组在基础饲粮中添加 20 mg/kg 硫酸黏杆菌素+2.6 mg/kg 的黄霉素，试验组Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组分别在基础饲粮中添

加 2 500、5 000、7 500 mg/kg SC。肉仔鸡采用 3 层立式笼养，人工控温，自然光照加人工补光，相对湿度 50%～60%，鸡只自由采食，充足饮水，其他免疫、消毒和管理措施遵照鸡场常规程序进行。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	1～21 日龄 1 to 21 days of age	22～60 日龄 22 to 60 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	56.49	56.69
面粉 Flour	2.50	5.00
猪油 Lard oil	1.72	4.48
豆粕 Soybean meal	20.92	15.98
棉籽粕 Cottonseed meal	4.00	4.00
干酒糟及其可溶物 DDGS	3.00	3.00
玉米蛋白粉 Corn protein meal	6.00	6.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.04	0.62
石粉 Limestone	1.54	1.52
食盐 NaCl	0.26	0.21
L-赖氨酸 *L*-Lys	1.10	1.10
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.17	0.12
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.11	0.13
碳酸氢钠 $NaHCO_3$	0.15	0.15
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.11	12.90
粗蛋白质 CP	20.37	18.63
钙 Ca	0.86	0.75
有效磷 AP	0.33	0.25
赖氨酸 Lys	1.10	1.00
蛋氨酸 Met	0.51	0.44
苏氨酸 Thr	0.83	0.77

1) 1~21 日龄预混料为每千克饲粮提供 Premix of 1 to 21 days of age provided the following per kilogram of the diet:VA 12 600 IU，VD_3 3 360 IU，VE 28 mg，VK_3 2.24 mg，VB_1 2.24 mg，VB_2 8.4 mg，VB_6 3.36 mg，VB_{12} 0.028 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 11.2 mg，烟酸 nicotinic acid 42 mg，叶酸 folic acid 1.12 mg，*D*-生物素 *D*-biotin 0.14 mg，胆碱 choline 1.2 mg，Zn 72 mg，Fe 76 mg，Cu 7.2 mg，Mn 80 mg，I 0.56 mg，Se 0.24 mg。22~60 日龄预混料为每千克饲粮提供 Premix of 22 to 60 days of age provided the following per kilogram of the diet:VA 10 350 IU，VD_3 2 760 IU，VE 23 mg，VK_3 1.84 mg，VB_1 1.84 mg，VB_2 6.9 mg，VB_6 2.76 mg，VB_{12} 0.023 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 9.2 mg，烟酸 nicotinic acid 34.5 mg，叶酸 folic acid 0.92 mg，*D*-生物素 *D*-biotin 0.115 mg，胆碱 choline 1 mg，Zn 72 mg，Fe 76 mg，Cu 7.2 mg，Mn 80 mg，I 0.56 mg，Se 0.24 mg。

2) 粗蛋白质和钙为实测值，其余为计算值。CP and Ca were measured values, while the others were calculated values.

1.4 指标测定

1.4.1 生长性能

饲养试验期间，每周按重复统计肉仔鸡耗料量和死淘情况；于试验第 22 天和结束后第 1 天对每重复肉仔鸡进行空腹称重，计算平均日采食量(ADFI,g/d)、平均日增重(ADG,g/d)、料重比(F/G)和死亡率。

$$死亡率（\%）=100\times 肉仔鸡死亡数/试验肉仔鸡总数。$$

1.4.2 养分表观利用率

于饲养试验第 35 天，从每重复中随机挑选 2 只体况良好、体重相近的肉仔鸡，单笼饲养，进行全收粪代谢试验。第 35 天 08:00 代谢鸡开始禁食以消除肠道食糜对代谢试验的影响，禁食期间自由饮水，其他饲养条件不变。第 37 天 08:00 每只代谢鸡强饲 50 g 原饲粮，且在 08:00、12:00、18:00 以重复为单位收集排泄物（注意剔除毛屑杂物），收集后按每 100 g 排泄物加 10%盐酸 10 mL，然后立即置于-20 ℃冰箱保存。收集 48 h 后，将排泄物解冻混匀，并在 65 ℃条件下烘干至恒重，室温回潮 24 h 后称重，再粉碎过 40 目筛，装袋密封，待测定粗蛋白质、钙和总磷的含量。

粗蛋白质、钙和总磷检测方法分别按照 GB/T-6432-1994，GB/T-6436-2002，GB/T-6437-2002 进行。

养分表观利用率的计算公式如下：

养分表观利用率（%）=100×（该养分食入量–排泄物中该养分含量）/该养分食入量。

1.4.3 菌群检测

于试验第 61 天，从每重复中随机挑选 1 只试验鸡，颈动脉放血处死，立即剖开腹腔，取出肠道，分离出空肠和盲肠，并在其 1/2 处用灭菌剪刀小心剪下 2.0 cm 肠段，送往实验室进行平板计数培养，所有步骤均按微生物操作规程进行。预试验确定大肠杆菌、乳酸菌、双歧杆菌的适宜稀释度分别为 1×10^{-4}～1×10^{-6}、1×10^{-3}～1×10^{-5}、1×10^{-3}～1×10^{-5}。大肠杆菌采用伊红美蓝培养基，37 ℃恒温条件下培养 24 h；乳酸杆菌和双歧杆菌分别采用 MRS 培养基、改良 MRS 培养基[14]，37 ℃恒温厌氧条件下培养 36 h；取出后对菌落数在 30～300 的平板进行计数，结果以菌落形成单位（CFU）的常用对数值 lg(CFU/g)表示。

1.5 数据处理及统计分析

利用 Excel 2003 软件对各重复原始数据进行处理，采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析，并采用 Duncan 氏法进行多重比较，以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准，$0.05\leqslant P<0.10$ 为有提高或降低趋势，测定结果以平均值±标准差（mean±SD）表示。

2 结 果

2.1 SC 对 817 肉仔鸡生长性能的影响

由表 2 可知，1～21 日龄，试验Ⅱ、Ⅲ组的 ADG、ADFI 和 21 日龄体重均显著高于对照组和试验Ⅰ组（$P<0.05$），与抗生素组无显著差异（$P>0.05$）。F/G 方面，试验Ⅱ、Ⅲ组显著低于试验Ⅰ组（$P<0.05$），与对照组和抗生素组无显著差异（$P>0.05$）。与对照组相比，其余 4 组肉仔鸡死亡率均无显著变化（$P>0.05$），但有一定程度的降低。

22～60 日龄，试验Ⅱ组的 ADG 和 60 日龄体重显著高于对照组（$P<0.05$），与抗生素组无显著差异（$P>0.05$）；ADFI 显著高于抗生素组与试验Ⅰ组（$P<0.05$）。在料重比和死亡率方面，不同组间均无显著差异（$P>0.05$）。

1～60 日龄，试验Ⅱ组的 ADG 和 ADFI 均显著高于对照组、抗生素组和试验Ⅰ组（$P<0.05$），与试验Ⅲ组无显著差异（$P>0.05$）。与对照组相比，其他各组的料重比和死亡率均有下降的

趋势（0.05≤*P*<0.10），其中试验Ⅱ组的死亡率最低，抗生素组料重比最低，料重比为抗生素组<试验Ⅱ组<试验Ⅰ组<试验Ⅲ组<对照组。

表 2　SC 对肉仔鸡生长性能影响

Table 2　Effects of SC on growth performance of broiler chickens

日龄 Days of age	项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	试验Ⅰ组 Trial group Ⅰ	试验Ⅱ组 Trial group Ⅱ	试验Ⅲ组 Trial group Ⅲ
1	体重 BW/g	39.03±1.38	39.10±1.39	39.03±1.42	39.08±1.47	39.00±1.58
21	体重 BW/g	172.09±7.68^{c}	207.80±29.22^{ab}	181.45±9.15^{bc}	234.19±29.83^{a}	225.98±27.62^{a}
60	体重 BW/kg	1.32±0.08^{c}	1.40±0.09^{abc}	1.36±0.11^{bc}	1.51±0.06^{a}	1.45±0.11^{ab}
1～21	平均日增重 ADG/g	6.34±0.37^{b}	8.61±1.86^{a}	6.46±0.58^{b}	9.29±1.40^{a}	9.39±1.59^{a}
	日均采食量 ADFI/g	13.52±1.17^{b}	16.70±2.19^{a}	14.10±0.91^{b}	18.12±1.79^{a}	17.76±2.14^{a}
	料重比 F/G	2.13±0.11^{ab}	1.98±0.24^{ab}	2.19±0.08^{a}	1.96±0.12^{b}	1.92±0.23^{b}
	死亡率 Mortality/%	6.67±5.16	1.67±4.08	1.67±4.08	1.67±4.08	3.33±6.06
22～60	平均日增重 ADG/g	30.24±2.08^{b}	31.14±1.53^{ab}	31.20±2.86^{ab}	33.69±1.03^{a}	31.83±2.39^{ab}
	日均采食量 ADFI/g	69.41±3.19^{ab}	67.50±6.06^{b}	68.12±3.94^{b}	74.77±4.11^{a}	71.77±3.76^{ab}
	料重比 F/G	2.30±0.11	2.17±0.14	2.20±0.18	2.22±0.08	2.26±0.07
	死亡率 Mortality/%	8.15±4.79	7.59±8.18	5.28±6.87	2.59±4.26	5.92±3.89
1～60	平均日增重 ADG/g	21.74±1.34^{c}	23.12±1.49^{bc}	22.39±1.82^{b}	25.01±1.04^{a}	23.84±1.90^{ab}
	日均采食量 ADFI/g	48.27±2.20^{b}	48.33±3.90^{b}	47.73±2.62^{b}	53.06±3.19^{a}	51.29±3.36^{ab}
	料重比 F/G	2.22±0.10	2.09±0.10	2.14±0.16	2.12±0.07	2.15±0.07
	死亡率 Mortality/%	14.17±8.01	9.17±8.61	6.67±9.83	4.17±6.65	9.17±4.92

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无小写字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2　SC 对 817 肉仔鸡养分表观利用率的影响

由表 3 可知，3 个试验组肉仔鸡粗蛋白质、钙的表观利用率均高于抗生素组和对照组，但无显著差异（P>0.05）；粗蛋白质表观利用率较对照组分别提高了 2.63%、1.56%、7.43%；钙表观利用率较抗生素组分别提高了 16.28%、16.35%、19.31%。总磷表观利用率随 SC 添加水平的提高而提高，试验Ⅱ组、试验Ⅲ组总磷表观利用率显著高于对照组（P<0.05），较试验Ⅰ组和抗生素组均有所增加，但差异不显著（P>0.05）。

表 3　SC 对肉仔鸡养分表观利用率的影响

Table 3　Effects of SC on apparent availability of nutrients of boiler chickens　%

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	试验Ⅰ组 Trial group Ⅰ	试验Ⅱ组 Trial group Ⅱ	试验Ⅲ组 Trial group Ⅲ
粗蛋白质 CP	46.30±4.00	43.51±13.18	47.52±7.36	47.02±4.77	49.74±21.21
钙 Ca	42.93±3.02	45.26±14.07	52.63±11.30	52.66±9.76	54.00±16.58
总磷 TP	68.87±7.29^{b}	78.40±3.37^{ab}	80.88±1.96^{ab}	82.91±4.21^{a}	90.36±3.41^{a}

2.3　SC 对 817 肉仔鸡肠道菌群的影响

由表 4 可知，空肠中，与对照组相比，饲粮中添加不同水平的 SC 对大肠杆菌和乳酸菌数量无显著影响（P>0.05）；试验Ⅱ组大肠杆菌数量最低，试验Ⅰ组乳酸菌数量最高；试验Ⅲ组较对照组和抗生素组显著提高了双歧杆菌的数量（P<0.05），与试验Ⅰ、Ⅱ组无显著差异（P>0.05）。

盲肠中，试验Ⅰ组大肠杆菌数量显著低于对照组（P<0.05），与抗生素组、试验Ⅱ、Ⅲ组均无显著差异（P>0.05）；试验Ⅱ组乳酸菌数量显著高于对照组、抗生素组和试验Ⅰ组（P<0.05），与试验Ⅲ组无显著差异（P>0.05）；试验Ⅱ组双歧杆菌数量上升幅度最大，但与其余 4 组相比，差异不显著（P>0.05）。试验Ⅱ组对大肠杆菌的抑制，对乳酸菌、双歧杆菌的促进效果最好，优于抗生素组。

表 4　SC 对肉仔鸡肠道菌群的影响

Table 4　Effects of SC on intestinal bacteria of broiler chickens　lg(CFU/g)

组织 Tissues	项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	试验Ⅰ组 Trial group Ⅰ	试验Ⅱ组 Trial group Ⅱ	试验Ⅲ组 Trial group Ⅲ
空肠 Jejunum	大肠杆菌 *E. coli*	5.56±0.35	5.41±0.42	5.22±0.55	4.95±0.78	5.31±0.56
	乳酸菌 *Lactobacillus*	5.62±0.34	5.74±0.47	5.90±0.12	5.77±0.43	5.80±0.45

	双歧杆菌 *Bifidobacteria*	4.47±0.13b	4.56±0.42b	4.84± 0.51ab	5.05±0.40ab	5.39±0.38a
盲肠 Cecum	大肠杆菌 *E. coli*	5.86±0.19b	5.40±0.34ab	5.37±0.37a	5.56±0.23ab	5.61±0.48ab
	乳酸菌 *Lactobacillus*	5.15±0.37c	5.32±0.31bc	5.64±0.05b	6.55±0.08a	6.52±0.22a
	双歧杆菌 *Bifidobacteria*	5.68±0.28	5.57±0.61	6.00±0.49	6.10±0.57	5.91±0.29

3 讨 论

3.1 SC 对 817 肉仔鸡生长性能的影响

酵母培养物富含蛋白质、核苷酸、寡糖（β-葡聚糖及甘露寡糖）、增味物质、芳香物质、酶、未知生长因子等多种物质[6,15]，可为动物机体生长发育提供丰富的营养物质。研究表明，酵母培养物能提高肉仔鸡的体增重，显著改善 AA 肉仔鸡的 ADG，料重比以及饲粮中钙、磷的利用率[16]，并能显著缓解环孢霉素处理过的 AA 肉仔鸡生长性能的下降[17]。

Afsharmanesh 等[18]研究表明在湿的小麦豆粕基础饲粮中添加 2% SC，能显著提高罗斯 308 肉仔鸡 1～42 日龄的 ADG。肖曼等[19]研究发现，在饲粮中添加 0.20%、0.25%的酵母培养物能显著提高肉仔鸡的 ADG 和 ADFI，各组料重比无显著差异；与本试验结果较为一致。本试验结果表明，饲粮中添加 SC 显著提高了肉仔鸡 ADG、ADFI；对全期料重比和死亡率有一定程度改善，虽未达到显著水平，且与抗生素组相比差异不显著；这可能是因为 SC 含有醇类脂类等芳香性物质以及核苷酸、多肽等增味物质，极大地改善了饲粮的适口性，增加了动物采食量，从而提高肉仔鸡体增重。然而酵母培养物在肉仔鸡上的研究结果不尽相同。Ghosh 等[20]认为，与对照组相比，酿酒酵母、酿酒酵母细胞壁成分（YCW）能替代抗生素提高罗斯 308 肉仔鸡的采食量和体增重；本试验结果也表明，1~21 日龄，试验 II 组和抗生素组肉仔鸡的 ADG 和 ADFI 均显著高于对照组，且 2 组间无显著差异；而周淑芹等[21]发现酵母培养物添加组并不能显著提高对照组肉仔鸡的 ADFI 和 ADG，与本试验结果不一致；这种情况的出现可能是由于发酵菌种的来源及制作工艺不同导致酵母培养物成分不同所造成的[22-23]。此外，Zhang 等[24]也发现，在 1～3 周龄，与对照组相比，饲粮添加 SC 和 YCW 对罗斯肉鸡的体增重无显著影响；在 4～5 周龄，SC 组、YCW 组肉仔鸡的体增重显著高于对照组；这表明酵母培养物对肉仔鸡生产性能的作用效果与动物生理阶段也有密切关系。

3.2 SC 对 817 肉仔鸡养分表观利用率的影响

SC 中含有丰富的营养物质以及未知促生长因子，可改善动物生产性能，提高饲粮中养分利用率。研究表明，酵母培养物可显著促进蛋鸡对营养物质的吸收代谢，提高总能、蛋白质、脂肪的利用率[13]，还能提高钙、磷吸收，有利于蛋壳形成。高俊[16]发现，肉仔鸡饲粮中添加酵母培养物能显著提高粗蛋白质、钙和总磷等的消化吸收利用，减少营养物质的浪费。本试验结果表明，饲粮中添加 SC，肉仔鸡对饲粮中粗蛋白质、钙的表观利用率无显著影响，但总磷的表观利用率较对照组显著升高。于素红[25]在 AA 肉仔鸡饲粮中添加酵母培养物显著提高了磷的表观利用率，得到了与本试验较为一致的结果。有关 SC 促进动物提高养分利用率的确切机制还没有一致结论，推测可能与 SC 中含有的功能性多肽、氨基酸等增味物质增加了动物采食量以及 SC 本身含有的维生素、植酸酶有关，随着 SC 添加水平的提高，试验饲粮中的维生素、植酸酶含量也在增加，动物机体对磷的表观利用率也随之升高；此外也可能与 SC 中含有的某些促生长因子有关，具体的原因还有待进一步的探讨[25]。

3.3 SC 对 817 肉仔鸡肠道菌群的影响

动物肠道是营养物质消化吸收的重要场所，肠道内的微生物主要由大肠杆菌、乳酸菌、双歧杆菌、链球菌等组成，是一个自我稳定的平衡区系，与动物营养、健康、免疫等息息相关。盲肠是畜禽肠道微生物最为丰富的部位；除十二指肠外，空肠是畜禽对蛋白质、糖、脂肪吸收最多的部位，研究盲肠、空肠中微生物的主要成分及数量，对防治畜禽肠道疾病有重大意义[26]。研究发现，酿酒酵母尤其是酿酒酵母细胞壁成分中的甘露寡糖能够刺激肠道中富含 *D*-甘露糖的接收器，该接收器能黏附具有伞状菌毛的革兰氏阴性菌如沙门氏菌[20]；且甘露寡糖和葡聚糖能刺激肠的黏蛋白的分泌，并使其呈线性增加[27]，该黏蛋白与肠上皮上的糖蛋白竞争性地与病原菌凝集素相结合，从而减少沙门氏菌等在肠道内的定植，大大降低有害菌的数量以促进肠道健康，Spring 等[28]研究证实了这一结论。此外，SC 含有的氨基酸、葡萄糖、维生素、有机酸既可以为动物胃肠道内的微生物菌群提供营养物质，加速微生物的新陈代谢；又能通过有机酸抑制有害菌的生长，促进乳酸菌、纤维素菌等为主题的有益菌群繁殖及活力的提高，促进胃肠对饲粮养分的消化和利用。Afsharmanesh 等[18]研究表明，在小麦基础饲粮中添加 SC 较对照组能降低肉仔鸡回肠内容物中大肠杆菌的数量，降低回肠内容物的 pH，造成了胃肠道的酸化环境，减少了对酸敏感的病原菌和动物源性细菌的增殖以优化肠道菌群结构[29]。本试验中 SC 富含乳酸、乙酸、柠檬酸等有机酸，能有效降低空肠和

盲肠的 pH，调节肠道菌群数量；试验中 7 500 mg/kg SC 添加组显著增加了肉仔鸡空肠中双歧杆菌数量，在一定程度上降低了大肠杆菌的数量；试验Ⅱ、Ⅲ组盲肠中乳酸菌数量显著高于对照组和抗生素组，双歧杆菌数量较对照组和抗生素组有一定的提高。该结果与肖曼等[19]在研究酵母培养物对 1～21 日龄 AA 肉仔鸡菌群的结果基本一致。

Crumplen 等[30]发现 SC 提高动物生产性能是通过增加维生素的吸收，增强酶的分泌以及提高蛋白质的新陈代谢完成的。Ghosh 等[20]认为 SC 是通过 YCW 降低罗斯 308 肉仔鸡的采食量来改善料重比；且提供更高的针对新城疫病毒的抗体滴度，通过增强机体免疫来改善动物生产性能的。王斌星等[31]则认为动物生产性能的提高与酿酒酵母细胞壁中的 β-葡聚糖和甘露聚糖改善肠道黏膜免疫，增强肠道对养分的消化吸收能力有关。本试验推测 SC 促生长的作用机制很可能是多种途径协同完成的，下一步应做关于分子机制的探索，以验证 SC 的具体作用机制。

4 结 论

本试验条件下，饲粮中 SC 的适宜添加水平为 5 000 mg/kg，能显著增加 817 肉仔鸡 ADFI 和 ADG，且饲喂效果优于抗生素组；显著提高总磷的表观利用率和对肠道内大肠杆菌的抑制效果，对乳酸菌、双歧杆菌的促进效果最佳，能较好地调节肠道内菌群数量，改善肠道菌群区系，从而促进动物生长。

参考文献：

[1] HUYGHEBAERT G,DUCATELLE R,VAN IMMERSEEL F,et al.An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers[J].The Veterinary Journal,2011,187(2):182–188.

[2] GAGGÌA F,MATTARELLI P,BIAVATI B.Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production[J].International Journal of Food Microbiology,2010,141(Suppl.):S15–S28.

[3] 周岭,丁雪梅,罗玉衡,等.复合酸化剂和微生态制剂对蛋鸡生产性能、血液生化指标、抗氧化指标及沙门氏菌感染的影响[J].动物营养学报,2016,28(8):2571–2580.

[4] BAGAL V L,KHATTA V K,TEWATIA B S,et al.Relative efficacy of organic acids and antibiotics as growth promoters in broiler chicken[J].Veterinary World,2016,9(4):377–382.

[5] 马明颖,胡光林,崔贞爱,等.糖萜素和酵母培养物对雏鸡生长性能及免疫器官的影响[J].中国畜牧兽医,2007,34(1):37–39.

[6] GAO J,ZHANG H J,YU S H,et al.Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions[J].Poultry Science,2008,87(7):1377–1384.

[7] SHEN Y B,PIAO X S,KIM S W,et al.Effects of yeast culture supplementation on growth performance,intestinal health,and immune response of nursery pigs[J].Journal of Animal Science,2009,87(8):2614–2624.

[8] 荣博涵.酵母培养物对肉仔鸡生产性能与免疫功能的影响[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2015:16–24.

[9] TITI H H,DMOUR R O,ABDULLAH A Y.Growth performance and carcass characteristics of Awassi lambs and Shami goat kids fed yeast culture in their finishing diet[J].Animal Feed Science and Technology,2008,142(1/2):33–43.

[10] 孙满吉,刘彩娟,张永根,等.直接饲喂酵母培养物对奶牛瘤胃发酵的影响[J].动物营养学报,2010,22(5):1390–1395.

[11] 张爱忠,卢德勋,刘大程,等.酵母培养物对绒山羊机体免疫指标的影响[J].动物营养学报,2008,20(2):163–169.

[12] 刘观忠,赵国先,安胜英,等.酵母培养物对蛋雏鸡生产性能、肠壁结构及免疫机能的影响[J].山东家禽,2004(10):10–13.

[13] 武书庚,刘质彬,齐广海,等.酵母培养物对产蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J].动物营养学报,2010,22(2):365–371.

[14] 刘莉如,滑静,王晓霞,等.抗菌肽对蛋用仔公鸡血液免疫指标和肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2012,24(9):1812–1818.

[15] 王东明.酵母培养物对肉鸡消化与免疫调节影响的研究[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2007:1–10.

[16] 高俊.酵母培养物对肉仔鸡的作用及其机理[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2008:24–40.

[17] ZHANG S J,LIAO B L,LI X,et al.Effects of yeast cell walls on performance and immune responses of cyclosporine A-treated,immunosuppressed broiler chickens[J].British Journal of Nutrition,2012,107(6):858–866.

[18] AFSHARMANESH M,BARANI M,SILVERSIDES F G.Evaluation of wet-feeding wheat-based diets containing *Saccharomyces cerevisiae* to broiler chickens[J].British Poultry Science,2010,51(6):776–783.

[19] 肖曼,高振华,李兴华,等.酵母培养物对肉仔鸡生长性能、肠黏膜结构及肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2013,25(7):1624–1631.

[20] GHOSH T K,HALDAR S,BEDFORD M R,et al.Assessment of yeast cell wall as replacements for antibiotic growth promoters in broiler diets:effects on performance,intestinal histo-morphology and humoral immune responses[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2012,96(2):275–284.

[21] 周淑芹,孙文志.酵母培养物与抗生素对肉仔鸡生长性能及免疫机能影响的研究[J].畜牧与兽医,2004,36(11):9–11.

[22] BROOKS P H,BEAL J D,NIVEN S,et al.Liquid feeding of pigs.Ⅱ.Potential for improving pig health and food safety[J].Animal Science Papers and Reports,2003,21(Suppl.1):23–29.

[23] MORALES-LÓPEZ R,AUCLAIR E,VAN IMMERSEEL F,et al.Effects of different yeast cell wall supplements added to maize- or wheat-based diets for broiler chickens[J].British Poultry Science,2010,51(3):399–408.

[24] ZHANG A W,LEE B D,LEE S K,et al.Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance,meat quality,and ileal mucosa development of broiler chicks[J].Poultry Science,2005,84(7):1015–1021.

[25] 于素红.酵母培养物对肉仔鸡生产性能的影响及代谢机理研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2008:10–18.

[26] 倪学勤,GONG J,YU H,等.采用 PCR-DGGE 技术分析蛋鸡肠道细菌种群结构及多样性[J].畜牧兽医学报,2008,39(7):955–961.

[27] BAURHOO B,GOLDFLUS F,ZHAO X.Purified cell wall of *saccharomyces cerevisiae* increases protection against intestinal pathogens in broiler chickens[J].International Journal of Poultry Science,2009,8(2):133–137.

[28] SPRING P,WENK C,DAWSON K A,et al.The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of *salmonella*-challenged broiler chicks[J].Poultry Science,2000,79(2):205–211.

[29] KEMME P A,JONGBLOED A W,MROZ Z,et al.Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase,phytate and lactic acid levels:1.Apparent ileal digestibility of amino acids[J].Livestock Production Science,1999,58(2):107–117.

[30] CRUMPLEN R,D'AMORE T,PANCHAL C J,et al.Industrial uses of yeast-present and future[J].Yeast,1989,5(Suppl.):3–9.

[31] 王斌星,王蜀金,郭春华,等.酿酒酵母发酵液对断奶仔猪生长性能、小肠发育及小肠黏膜免疫功能的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):294–302.

Effects of *Saccharomyces cerevisiae* Culture on Growth Performance, Apparent Availability of Nutrients and Intestinal Bacteria of 817 Broiler Chicken

DING Xiaojuan[1] ZHANG Xiaotu[1] WANG Shiqiong[1] CHEN Guanhua[1] LI Xiao[1] WANG Fengjiu[2] LIANG Zhenxian[2] WANG Zhixiang[1*]

（1. *College of Animal Science and Technology*, *Henan Agricultural University*, *Zhengzhou* 450002, *China*; 2. *Henan Yihong Shancheng Biological Technology Co., Ltd.*, *Wuzhi* 454950, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the effects of effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture （SC） on growth performance, apparent availability of nutrients and intestinal bacteria of 817 broiler chickens. A total of 600 healthy one-day-old 817 brolier chickens with similar weight were randomly divided into 5 groups with 6 replicates per group and 20 chicks per replicate. The chickens in control group were fed a basal diet, those in antibiotics group were fed the basal diet supplemented with 20 mg/kg sulfuric acid colistin and 2.6 mg/kg flavomycin, and those in trial groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ）were fed the basal diet supplemented with 2 500, 5 000 and 7 500 mg/kg SC, respectively. The experiment lasted for 60 days. The results showed as follows: 1)

---

*Corresponding author， professor， E-mail: wzxhau@aliyun.com （责任编辑 王智航）

during 1 to 21 days of age, average daily gain （ADG） and averaged daily feed intake （ADFI） in trial groups Ⅱ and Ⅲ were significantly increased than those in control group（$P<0.05$）, but no significant difference were observed when compared with antibiotics group （$P>0.05$）; during 22 to 60 days of age and 1 to 60 days of age, ADG in trial group Ⅱ was significantly higher than that in control group, and ADFI was significantly higher than that in antibiotics group （$P<0.05$）; compared with control group, feed to gain ratio and mortality in trial groups were not significantly changed （$P>0.05$）, while downward trends were found during 1 to 60 days of age（$0.05\leqslant P<0.10$）. 2) Compared with control group, trial groups Ⅱ and Ⅲ significantly improved apparent availability of total phosphorus （$P<0.05$）; no significant differences were found in apparent availability of crude protein and calcium among groups （$P>0.05$）. 3) Compared with control group, trial group Ⅰ significantly decreased the number of *E.coli* in cecum ($P<0.05$) and achieve the level of antibiotics group（$P>0.05$）; compared with control group and antibiotics group, the number of *Lactobacillus* in cecum of trial group Ⅱ as well as the number of *Bifidobacteria* in the jejunum of trial group Ⅲ were significantly increased （$P<0.05$）, respectively. The results show that the supplementation of SC in diet at proper level can improve ADFI and ADG of broiler chickens, improve feed to gain ratio, enhance total phosphorus apparent availability, promote the growth of *Bifidobacteria* and *Lactobacillus,* and inhabit the growth of *E.coli*; the optimal supplemental level of SC is 5 000 mg/kg, and its growth promotion effect is the best, which is better than antibiotics.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae* culture; growth performance; nutrient ; microbes; 817 broiler chicken